

氏 名	ト ヨウ 杜 洋
学 位 の 種 類	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	富理工博甲第 133 号
学位授与年月日	平成 30 年 3 月 23 日
専 攻 名	数理・ヒューマンシステム科学専攻
学位授与の要件	富山大学学位規則第 3 条第 3 項該当
学 位 論 文 題 目	心理学的及び生理学的測定法を用いた画像の感性評価 に関する研究
論 文 審 査 委 員 (委員長)	佐藤 雅弘 堀田 裕弘 川口 清司 篠原 寛明

【学位論文の要旨】

本論文は、ユーザ体感品質（QoE）の分析・評価システムの高精度化・実用化を図るため、心理学的及び生理学的測定法を用い、画像の感性評価について検討を行った。

ユーザが満足するようなコンテンツを配信するため、ユーザがサービスを利用する時に体感した満足度に主眼を置く Quality of Experience (QoE) が提案された。今まで、QoE を評価するために、主観評価法であるアンケート形式に基づく心理学的アプローチが多く用いられた。従って、本研究には、まず、従来法である SD 法を用い、異なる解像度の画像が主観的感性評価に与える影響について検討を行った。異なる画素解像度の同じ内容の画像を、同一ディスプレイ上に同サイズで表示し、心理要因を表す形容詞対に点数を付けることにより、被験者が画像を観察するときに体感した印象を回答してもらった。このデータを用い、画質との関連性を調査した。また、同じコンテンツが異なる地域で視聴されるケースを想定し、ユーザの個人特徴である、考慮すべき“地域の差”について、日本人と中国人が同じ画像を観察する時の心理要因の差異を調べた。

その結果、“地域差”に関係なく、異なる解像度は画像を観察する時に感じた「精細感」に影響を与えていることを明らかにした。更に、画像の「自然感」、「力量感」は画像に映っているコンテンツに対する依存性が高いことが分かった。また、“地域差”が起因である文化の差異及び言葉に対する理解の差異により、画像から得られる「自然感」と「力量感」にも差が見られた。

この結果は、今まで多くの研究にも示唆されたように、心理学的アプローチによる主観評価方法は重大な欠陥を持ち、評価結果及び評価尺度は被検者によってバラつき程度が大きいため、スケーリングタスクの結果に影響するすべての要因をカバーした上、信頼性の高い結果を提供するのがほぼ不可能であることを証明した。また、マルチメディアの発展に伴い、コンテンツが複雑になっており、適切な評価語を選択することもはるかに難しくなるため、主観評価の結果の信頼度に影響している。

そこで、最近では、我々は脳の活動を数値によって読み取ることができる生体情報に着目し、神経生理学のアプローチに移した。ユーザ体感品質の分析・評価に直接入力することで、心理学的アプローチのジレンマを解消し、システムの高精度化・実用化を図ることができると考えている。被検者への負担を減らし、自然に主観的印象を引き出し、QoE 評価へ応用することを目指すため、本研究には生理学アプローチを用いた、画像の品質及び心理評価を試してみた。

まず、脳血行動態を用いたユーザ体感品質の推定システムの基礎検討をするため、被験者が動画像や静止画像を観察する時の脳活動（Oxy-Hb の濃度変化量）を測定した。コンテンツ内容に対する「嗜好」と「画質劣化」が Oxy-Hb 濃度変化量に与える影響を調査することを目的とした。

その結果、Oxy-Hb を指標とし、動画像の「嗜好」と「劣化」を認識することが可能であることを明らかにしたうえ、反応に関連する脳部位は前頭極のチャンネル 6, 9, 10, 及び

右下前頭回のチャンネル 14 付近であることが特定された。

更に、画質劣化を認識する脳部位とコンテンツに対する嗜好を判断する脳部位を特定するために、コンテンツ注目及び画質劣化注目のための教示方法を指定した。被検者にコンテンツを観察してもらった結果、画質の劣化より嗜好のほうが、より脳活動に影響しやすいことが分かった。更に、それぞれの反応に関連する脳部位を特定し、チャンネル 6 は嗜好を判断する脳部位であり、チャンネル 14 周辺は劣化を認知する脳部位であることを明らかにした。

特定されたチャンネルの **Oxy-Hb** の濃度変化量を指標とし、画像の分類を試した。画質劣化の認識と比べ、画像に対する嗜好が脳活動に与える影響が強いため、ユーザの個人特徴である嗜好に着目して、生体情報を用い、ユーザに呈示された画像に対する嗜好の分類を行った。

得られた有意チャンネルは今までの研究と同じく、前頭葉の中心部位チャンネル 6 付近が嗜好と関連する有意差を示した。また、チャンネル 6 のデータを使い、画像を分類したところ、好きな画像のグループと嫌いな画像のグループの分類ができた。しかし、評価画像に対する評価点数のバラ付きが大きいため、更に好き・嫌いの分かりやすいコンテンツを使い、画像の分類を試す必要があると考えられる。

そこで、画像データベース NAPS から、刺激画像の選出を行った。この実験には、**Oxy-Hb** 以外、**App-SpO2** という指標も用いた。両方ともチャンネル 6 のデータを用いて、「快」―「不快」、「好き」―「嫌い」画像を 60%以上の精度で分類に成功した。

本研究は、脳機能計測（NIRS）を用いた一連の研究により、前頭葉の左右の特定位置の脳血流変動が、画像コンテンツの「嗜好」と「画質劣化」にそれぞれ関連性があることを世界で初めて明らかにした。また、脳血流変動量（ Δ Oxy-Hb）及び App-SpO2 を用いて、60%以上の精度で画像を観察する時の「嗜好」を分類することができた。

工学及び医学を融合し、非侵襲脳イメージング技術を利用することで、今までの感性工学の限界を破り、新しい道を開拓することが本研究の特色・独創的な点である。人の脳機能とコンピュータとを密接に関連づける BCI 技術への革新的な実利用となることは明白であると考えられる。

【審査結果の要旨】

当学位論文審査委員会は、申請論文“心理学的及び生理学的測定法を用いた画像の感性評価に関する研究”を詳細に査読し、また、論文発表会を平成30年2月7日に公開で開催し、詳細な質疑を行って論文の審査を行った。以下に、審査結果の要旨を示す。

人の脳における画質評価の価値判断は、高次脳レベルでの判断処理であるために、これまで開発されたコンピュータベースでの客観的評価システムでは、性能が十分とはいえなかった。さらに、これらの客観的評価システムを構築するには、事前に主観評価実験を行い、画質評価における人の価値判断を予め数値データとして取得しておく必要があった。この主観評価実験は、ほとんどがアンケートやSD法に基づく心理学的アプローチでデータが取得され、検定などに基づく統計処理がなされてきた。このデータを統計処理することにより、個人内ばらつきや個人差(個人間ばらつき)などを抑制して主観評価データの信頼性をある程度向上させることができる。しかし、静止画像や映像のデジタルデータから、この主観評価値を予測する客観的評価法には、コンテンツの種類や符号化劣化の程度、評価者の情緒・感性、視環境の違いなど、さまざまな要因が複雑に絡み合い、これらが予測精度の向上を阻害していた。

そこで、本論文で示されたようなアプローチが近年検討されるようになった。

脳機能計測に関する生体情報のセンシング装置の開発はめざましく、脳血流動態を観察する方法として、機能的MRI(fMRI)や、ポジトロン断層法(PET)、近赤外線分光法(NIRS)などがある。これらのうち、NIRSは、fMRIやPETのように大がかりな設備を必要とせず、また、脳電図(脳波:EEG)や脳磁図(MEG)よりも脳機能計測としての空間解像度は低いが、時間解像度は高い。さらに、装置が小さく安価で、特別な電気シールドを施した部屋を必要とせずランニングコストも低く、頭が比較的自由に動かせる利点もあることより、BMI技術に利用しやすい。このことより、NIRSによる脳機能計測データには、人の生理反応が直接的に反映されるので、言語や数値でのアンケート評価よりも絶対的指標となりうる。この時系列データ群から何らかのデータ処理を施し、直接的に主観評価値を推定することでリアルタイムにユーザ体感品質(QoE)の分析・評価システムが、BCI(脳コンピュータ・インターフェース)技術として実現できる。

そこで、本論文では、心理学的及び生理学的測定の両面から、画像の感性評価に関する一連の研究を行っている。

本論文は八章で構成されている。

第一章では、本研究の目的と概要について述べている。第二章では、主観評価技術及び客観評価技術の主な方法及び問題点を挙げた上、近年盛んに研究が行われている新たな生体情報を用いた画質評価技術を紹介した。第三章では、従来の主観評価法を用い、多様な画像解像度が感性評価に与える影響を検討した。更に、現代の情報通信サービスが直面し

ている幅の広い視聴者の地域差について調べた。被験者に異なる解像度の画像を呈示し、各評価項目に対する主観評価値を収集し因子分析を行った。画像解像度と関連する因子として「精細感」、「自然感」、「力量感」が抽出された。更に、中国人と日本人の被験者を比較し、文化や環境などの違いから生じた個人特徴が主観評価値に影響を与えていることを明らかにした。また、主観評価における解像度やコンテンツの違いなどに対応できる評価項目の選定が難しいであることも示した。第四章からは心理学アプローチに移り、生体情報を画質評価へ応用することを検討した。主観評価法及び客観評価法の問題点を解決するために、人間の情動による脳活動がそのまま反映される脳機能に着目し、動画像及び静止画像を観察時の前頭葉の Oxy-Hb の変化量を測定し、心理学的測定法により収集した主観評価値との関連性を調べた。その結果、画質劣化及び個人の嗜好との関連性を見出し、前頭葉の Oxy-Hb の変化量を指標とすることで画質評価への応用の可能性を示した。第五章は第四章の結果に基づいて前頭葉の Oxy-Hb の変化量を指標とし、画像に対する嗜好の分類を行った。評価画像を「好き」、「嫌い」の二つの要因に分けて分析した結果、嗜好と関連する脳部位の特定ができた。第六章では、特定された脳部位の Oxy-Hb の変化量及び App-SpO2 を用いて、画像に対する心理因子の分類を行った。「好き」、「嫌い」の要因両方とも 60%以上の精度で分類することができた。第七章では画像メディア品質評価について、本研究で得られた知見を織り交ぜ検討し、今後の展望を提言する。第八章では結論として、本研究の成果を総括している。

本研究の内容は 3 篇の学術論文(欧文)として掲載されており、国際会議でも 3 編発表している。

よって、当博士論文審査委員会は本申請論文が博士の学位を授与することに十分に値するものと認め、合格と判断した。